Anexo D – Análisis Hidráulico Del Río Chiriquí Viejo

CONTENIDO

D.1 DESCRIPCIÓN DEL ANÁLISIS HIDRÁULICO 2
D.1.1 Modelación De Las Crecidas Del Río (Hec-Ras) 2
D.1.2 Método De Cálculo 3
D.1.3 Sección Hidráulica 4
D.1.4 Coeficiente de Rugosidad Manning 5
D.1.5 Perfil Geométrico Del Río 7
D.2 ANÁLISIS HIDRÁULICO DE CRECIDAS 8
D.3 ANÁLISIS HIDRÁULICO DE ROTURA DE LA PRESA 9
D.3.1 Escenarios De Rotura 9
D.3.2 Datos De Partida 9
D.3.3 Características De La Brecha 9
D.3.4 Hidrograma De La Rotura De Presa 11
D.3.5 Conclusiones De Los Resultados De Las Roturas. 11
D.4 RESULTADOS DEL ANÁLISIS HIDRÁULICO 13
D.4.1 Datos Generales 13
D.4.2 Resultados Crecida Extraordinaria 1:10,000 Años 13
D.4.3 Resultados Rotura De Presa 15
D.4.4 Resultados De La Inundación 16
D.4.5 Cuadros Con Resultados De La Onda De Las Crecidas 16
D.5 MAPAS DE INUNDACIÓN 21
D.6 REFERENCIAS 23
D.7 ANEXO DIGITAL D1 24

D.1 DESCRIPCIÓN DEL ANÁLISIS HIDRÁULICO

El análisis está basado en la modelación de las crecidas en el río Chiriquí Viejo para los diferentes escenarios de una inundación aguas abajo de la presa de acuerdo a los requerimientos de las Normas de Seguridad de Presa de la ASEP. Los escenarios analizados son los siguientes:

- Crecida extraordinaria con períodos de retorno de 1 en 50 y 1:10,000 años.
- Colapso estructural durante operación normal
- Colapso estructural durante crecida extraordinaria con período de retorno de 1:10,000 años.
- Apertura súbita de compuertas en Operación Normal.
- Falla de compuertas (no abren) durante crecida extraordinaria.
- Falla de compuertas (no cierran) durante crecida extraordinaria.

El Análisis Hidráulico del río determinará los niveles de la crecida en el río Chiriquí Viejo y las áreas de inundación aguas abajo de la presa Bajo de Mina. Con los resultados de este análisis se logra la confección de los mapas de inundación que permitirán establecer los procedimientos de evacuación ante la eventualidad de alguno de los eventos anteriormente establecidos. Los escenarios finalmente analizados se presentan en el cuadro D1.

Cuadro D1
Escenarios de Análisis de Emergencias

Escenario		Descripción	Caudal m^3/seg
0	Crecida Ordinaria 1:50 años	Crecida 1:50 años	689
1	Crecida Extraordinaria 1:10,000 años	Crecida 1:10,000 años	1,251
2	Colapso Operación Crecida	Brecha 40 m	5,327
3	Colapso Operación Normal	Brecha 40 m	3,344
4	Apertura Súbita de Compuertas	Capacidad máxima de compuertas NAMO 502 msnm	680.00
5	Crecida Extraordinaria + Falla de Compuertas, no cierran	Elev. max. 505.3 (Con crecida 1:10,000 años)	1,244
6	Crecida Extraordinaria + Falla de Compuertas, no abren	Elevación del NAME, ocurre sobrevertido (Elev. max. 507.6) (Con crecida 1:10,000 años)	1,246

D.1.1 Modelación De Las Crecidas Del Río (Hec-Ras)

Para el análisis de la hidráulica del río, se usará el modelo HEC-RAS, el cual fue desarrollado por, el Hydrologic Engineering Center (HEC), del United States Army Corps of Engineers (USACE).

Con HEC-RAS se resuelve el régimen no permanente unidimensional gradualmente variado (variación gradual del caudal en el tiempo), obteniéndose la curva de remanso correspondiente a cada instante de tiempo.

El procedimiento del cálculo en régimen permanente (caudal constante) se basa en la resolución de la ecuación de la energía (Ecuación de Bernoulli), evaluando las pérdidas por fricción mediante la

fórmula de Manning, y las pérdidas de contracción-expansión mediante coeficientes que multiplican la variación del término de velocidad. En las secciones en que se produce un régimen rápidamente variado (resalto hidráulico, confluencias, etc.) emplea para su resolución, la ecuación de la conservación de la cantidad de movimiento.

El modelo HEC-RAS también nos permitirá conocer los tiempos de viaje de la onda de crecida mediante la resolución, en régimen no permanente, de las ecuaciones diferenciales de continuidad y conservación del momentum mediante el esquema implícito de diferencias finitas.

D.1.2 Método De Cálculo

Los datos topográficos que se utilizaron para definir un modelo de simulación hidráulica del cauce fueron:

- Cartografía de los mapas 1:50,000 de la provincia de Chiriquí del Instituto Geográfico Nacional Tommy Guardia (IGNTG).
- Mapas demográficos del Departamento de Cartografía de la Contraloría General de la República.
- Planos para construcción del Proyecto Hidroeléctrico Bajo de Mina, elaborados por TECHNOPROJECT, S.A.).
- Plano para construcción del Puente de Acceso a Casa de Máquinas.

Para calcular el caudal que pasa por una sección transversal de un río se asume que el flujo es uniforme y por lo tanto se puede utilizar la ecuación del flujo uniforme (lo asumido por el HEC-RAS). Para el caso de un río, a este se le considera como un canal natural cuyo coeficiente de rugosidad de Manning (n) se ve afectado por varios factores los cuales son: la rugosidad superficial, la vegetación, la irregularidad del canal, el alineamiento del canal, la sedimentación y socavación, las obstrucciones, el nivel y el caudal, los cambios estacionales, y el material en suspensión y la carga de lecho. Para el caso de planicies de inundación también se puede evaluar de manera similar.

Se han tenido en cuenta en el modelo las características hidráulicas de los puentes que pudieran presentar alguna influencia sobre el régimen hidráulico aguas arriba. Una vez obtenidos los valores de la cota de agua correspondientes a los distintos caudales máximos, esta información se ha representado cartográficamente, deduciendo, en consecuencia, a la extensión de las zonas inundables en cada tramo.

Los datos necesarios para la caracterización hidráulica de cada tramo de estudio se han agrupado en los siguientes tipos:

- *Geométricos:* secciones transversales sobre el Modelo Digital de Terreno de trabajo, a cada 100 m. Adicionalmente en el modelo Hec-Ras se realizó una interpolación entre dichas secciones para tener una distancia mínima entre ellas de cada 20m. Se realizó la representación geométrica del vertedor y desagües de fondo de la Presa Bajo de Mina, del Puente Chiriquí ubicado a 4,72 km aguas arriba de la Presa Baitún y de los conductos y obras de desvío actuales en la Presa de Baitún.

- *Coeficiente de pérdidas:* se han obtenido de la cobertura, visita al área para caracterizar los tramos del río, fotos, memorias de diseño y documentación especializada.

- *Condiciones de borde:* El modelo matemático requiere la definición de las condiciones de borde tanto en el extremo aguas arriba como aguas abajo. Se establecieron los hidrogramas de entrada al embalse de Bajo de Mina, así como sus niveles iniciales, como condición de borde en el extremo aguas arriba. Para la sección ubicada mas aguas abajo se definió como condición de borde una profundidad normal para una pendiente del río de 0,017 m/m.

- *Caudales Regulados:* Los caudales que se introducen en el programa corresponden a los caudales transitados por el embalse para cada uno de los escenarios estudiados.

  En el cuadro Nº D2, se indican las siguientes condiciones para la modelación:

Cuadro Nº D2
Características Hidráulicas de Análisis

Condición	Descripción
Geometría	Levantamiento topográfico (curvas de nivel cada 1 m.)
Coeficiente de Rugosidad de Manning	Ver Cuadro D4
Tipo de Modelación	Flujo No Permanente en Escurrimiento Mixto
Condición de Borde	Aguas arriba: Niveles e Hidrogramas de entrada al embalse Bajo de Mina (Períodos de Retorno 1:50 y 1:10.000) Aguas Abajo: Profundidad Normal (S = 0,017%)

Cuadro Nº D3
Descarga del Vertedero para Crecidas de Diseño

Tr (años)	Q (m^3/s)	Tr (años)	Q (m^3/s)
2	314.25	200	836.39
5	434.31	500	933.61
10	513.80	1000	1007.09
20	590.05	2000	1080.53
50	688.75	5000	1177.61
100	762.7	10000	1251.04

D.1.3 Sección Hidráulica

Para obtener los máximos niveles de agua para cada sección, se siguieron los siguientes procedimientos:

Datos de partida:

- Caudal máximo transitado por la presa, para cada una de las crecidas.
- Pendiente por cada tramo del río.
- Topografía

La metodología de análisis y cálculo hidrológico en que se basa el programa HEC-RAS se puede encontrar en el Manual de Referencia Hidráulica de USACE.

Se obtuvieron secciones transversales a cada 100 m, a cada una de las secciones se le determinó la pendiente por cada tramo del río.

D.1.4 Coeficiente de Rugosidad Manning

El cauce principal del río Chiriquí Viejo, está formado por materiales susceptibles de movimiento, principalmente ante eventos extremos, por lo que los cambios morfológicos se deben principalmente a fenómenos de erosión y depósitos.

El conocimiento de los materiales que conforman el cauce es importante para estimar el valor del coeficiente de rugosidad "n", lo cual significa estimar la resistencia a lo largo del cauce ante el paso del flujo. Son varios los factores que determinan el valor del coeficiente de rugosidad, entre éstos se puede mencionar: la rugosidad superficial, la vegetación, la irregularidad del canal, el alineamiento del canal, la sedimentación y socavación, las obstrucciones, el nivel y el caudal, los cambios estacionales, y el material en suspensión y la carga de lecho. Para estimar el valor de este parámetro, en el análisis se adoptó el procedimiento desarrollado por Cowan (Chow, 1959), cuya expresión es la siguiente:

$$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4)\, m_5 \qquad \text{ecuación (1)}$$

En el Cuadro No. D4 (Chow, 1959), se indican los valores que pueden tomar cada parámetro, según las condiciones. Sin embargo, el valor escogido para el diseño dependerá de las condiciones que se observen en campo y de acuerdo al criterio del diseñador.

Cuadro Nº D4
Coeficientes Para la Formula de Manning

Condiciones del Canal		Valores	
Material involucrado	Tierra	n_0	0.020
	Corte en Roca		0.025
	Grava Fina		0.024
	Grava Gruesa		0.028
Grado de irregularidad	Suave	n_1	0.000
	Menor		0.005
	Moderado		0.010
	Severo		0.020
Variaciones de la sección transversal	Gradual	n_2	0.000
	Ocasionalmente Alterada		0.005
	Frecuentemente Alterada		0.010-0.015
Efecto relativo de las obstrucciones	Insignificantes	n_3	0.000
	Menor		0.010-0.015
	Apreciable		0.020-0.030
	Severo		0.040-0.060
Vegetación	Baja	n_4	0.005-0.010
	Media		0.010-0.025
	Alta		0.025-0.050

	Muy alta		0.050-.100
Grado de los efectos por meandros	Menor	m_5	1.000
	Apreciable		1.150
	Severo		1.300

Con la finalidad de conocer los materiales que conforman el cauce, para estar en posibilidad de seleccionar los parámetros que intervienen en la ecuación (1), se llevo a cabo una visita de campo al sitio de las obras.

El cuadro D5 presenta los valores seleccionados para determinar la rugosidad con las que se trabajará en la simulación.

Cuadro Nº D5
Coeficientes para determinar la Rugosidad

Parámetro	Valor
n_o	0.025
n_1	0.005
n_2	0.000
n_3	0.000
n_4	0.010
m_5	1.000

Finalmente al aplicar la ecuación (1), resulta que el coeficiente de rugosidad estimado para el cauce principal del río Chiriquí Viejo es:

n=0.040

Para estimar los coeficientes de rugosidad de las planicies de inundación ubicadas en ambas márgenes del cauce principal se utilizó como referencia la tabla 3.1 del Manual de Usuario del HEC-Ras

2. Flood Plains				
a.	Pasture no brush			
1.	Short grass	0.025	0.030	0.035
2.	High grass	0.030	0.035	0.050
b.	Cultivated areas			
1.	No crop	0.020	0.030	0.040
2.	Mature row crops	0.025	0.035	0.045
3.	Mature field crops	0.030	0.040	0.050
c.	Brush			
1.	Scattered brush, heavy weeds	0.035	0.050	0.070
2.	Light brush and trees, in winter	0.035	0.050	0.060
3.	Light brush and trees, in summer	0.040	0.060	0.080
4.	Medium to dense brush, in winter	0.045	0.070	0.110
5.	Medium to dense brush, in summer	0.070	0.100	0.160
d.	Trees			
1.	Cleared land with tree stumps, no sprouts	0.030	0.040	0.050
2.	Same as above, but heavy sprouts	0.050	0.060	0.080
3.	Heavy stand of timber, few down trees, little undergrowth, flow below branches	0.080	0.100	0.120
4.	Same as above, but with flow into branches	0.100	0.120	0.160
5.	Dense willows, summer, straight	0.110	0.150	0.200

D.1.5 Perfil Geométrico Del Río

Las pendientes del río para el análisis hidráulico se han establecido de acuerdo a los datos topográficos recopilados y se han agrupado para facilidad de uso en el programa.

D.2 ANÁLISIS HIDRÁULICO DE CRECIDAS

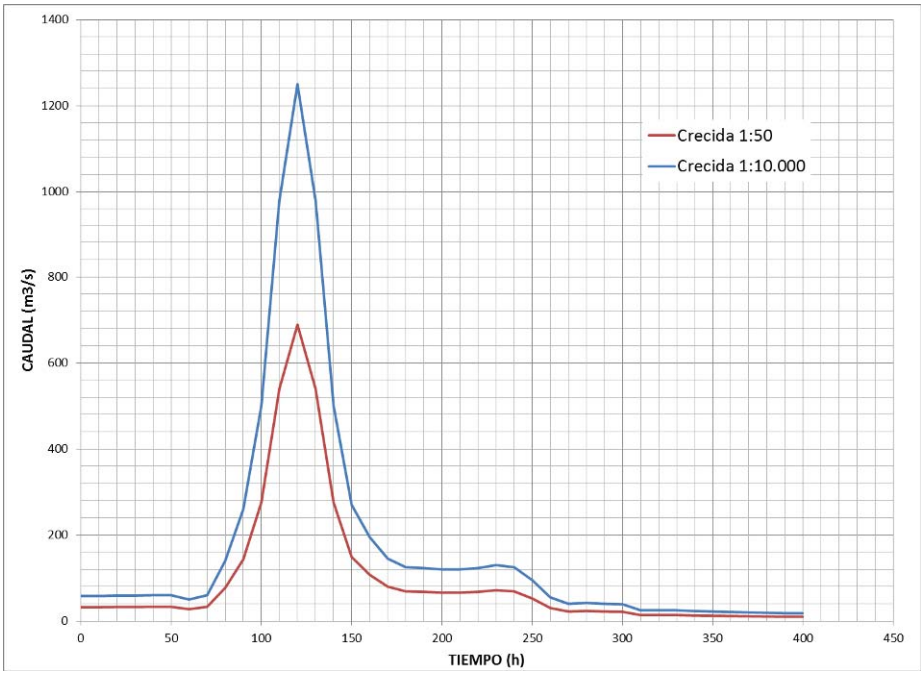
Los resultados de los cálculos hidráulicos con el programa HEC-RAS para las crecidas de 1:50 y 1:10,000 años se presentan en los cuadros de resultados incluidos en el Anexo Digital D1.

El análisis hidráulico de las crecidas 1:50 y 1:10,000, comienza con la entrada en el embalse de dichas crecidas las cuales están acompañadas de un volumen de agua considerable (ver figura D1, hidrograma en el sitio de presa). Dichos caudales son transitados (atenuados) por el embalse y evacuados por el vertedor libre. El caudal de salida es menor al caudal de entrada (ver cuadro D2). El tránsito de caudales (o flujo a lámina libre) es un procedimiento para determinar la magnitud del caudal, las elevaciones y sus tiempos, en un punto de un curso de agua utilizando hidrogramas conocidos o supuestos en uno o más puntos. Si el flujo es una creciente, el procedimiento se conoce específicamente como tránsito de crecientes. El tránsito de inundación, es el término utilizado para describir el movimiento de esa onda de creciente cuando atraviesa un cauce. En las figuras D7 y D8 se puede apreciar en azul la onda que atraviesa el cauce.

En el tránsito de inundación, tiene particular interés: la reducción del caudal pico mientras se dirige aguas abajo (atenuación), el tiempo máximo en el que el flujo de agua llega hacia los puntos de importancia, y la altura máxima de agua que se puede acumular en puntos de importancia y de qué manera cambia la hidrografía del lugar mientras se mueve aguas abajo.

Estos efectos están regidos por factores como: la geometría del canal principal y áreas aledañas; la rugosidad del canal y zonas contiguas, la existencia de áreas en las que se pueda acumular agua fuera del canal principal, y la forma del hidrograma de creciente cuando llega al cauce.

Figura Nº D1
Hidrograma Natural de Entrada de las Crecidas 1:50 y 1:10.000



D.3 ANÁLISIS HIDRÁULICO DE ROTURA DE LA PRESA

D.3.1 Escenarios De Rotura

Los escenarios analizados son las siguientes:

- **Colapso Estructural en Operación Normal.**
  En esta condición la rotura se da cuando el embalse se encuentra en la elevación 502.0 msnm.
- **Colapso Estructural durante Crecida Extraordinaria.**
  En esta condición la rotura con el embalse en la elevación 505.33 msnm desalojando la avenida de 1:10,000 años.

D.3.2 Datos De Partida

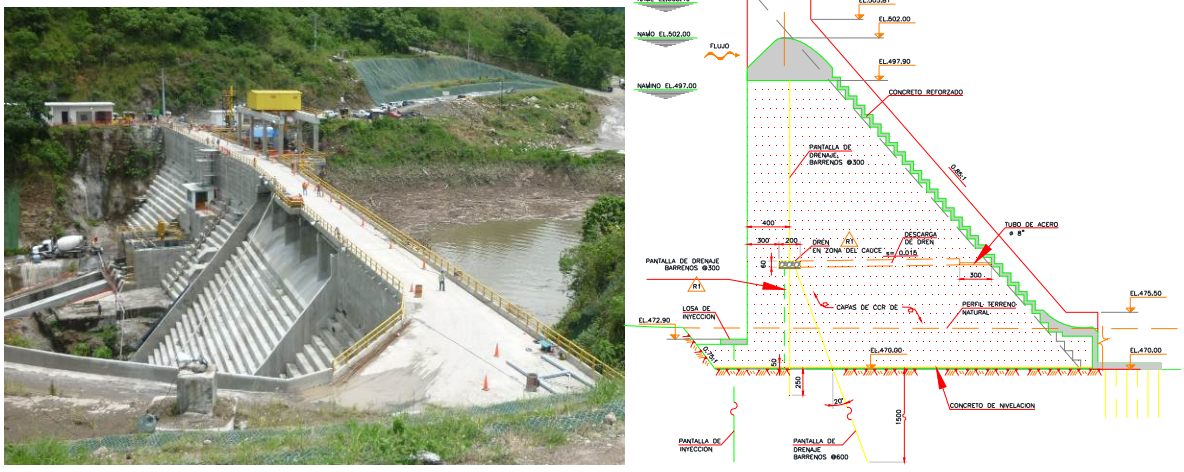
Las secciones de topografía y la rugosidad serán las mismas utilizadas en el análisis hidráulico del rio para las crecidas extraordinarias.

D.3.3 Características De La Brecha

El modo de rotura y la forma de evolución de la brecha dependen del tipo de presa, siendo la hipótesis más común en las presas de concreto que la rotura sea prácticamente instantánea, ya sea total o parcial. Por las características constructivas el tipo de falla puede ser en bloques por las juntas verticales o en forma de trapecio paralelo a los estribos de la presa.

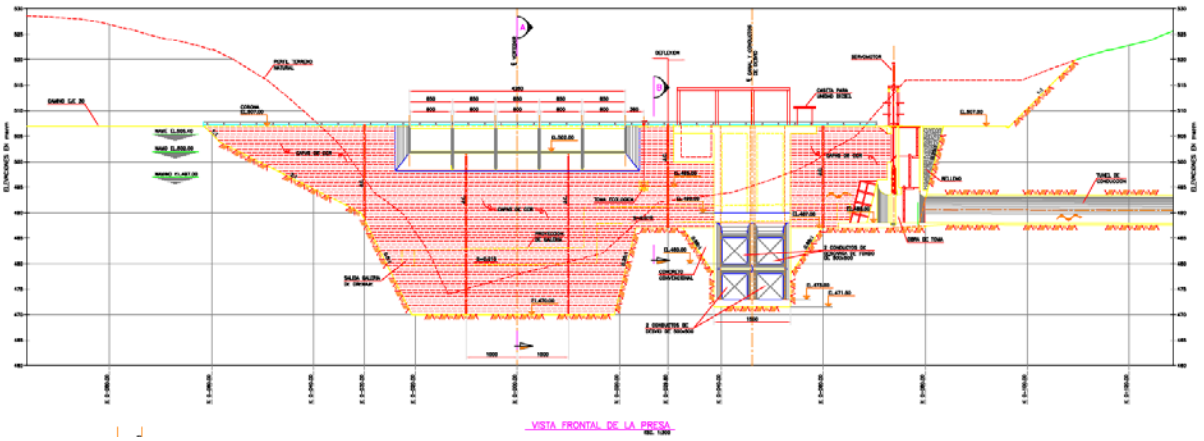
La forma, el tamaño de la brecha y el tiempo transcurrido para el desarrollo de la misma son a su vez dependientes de la geometría de la presa, materiales y métodos de construcción al igual que del agente causal de la rotura. Para el caso en estudio, la presa corresponde a una presa de gravedad de RCC.

Figura N° D2
Presa de Concreto Compactado Rolado



Los planos de la presa en mayor detalle se presentan en el Anexo Digital D1.

Figura D3
Presa Bajo de Mina
Vista de Elevación Desde Aguas Abajo



En el cuadro N° D6 se ha recopilado, de la literatura técnica de las principales agencias internacionales, los criterios recomendados para la geometría y el tiempo de formación de la brecha de rotura para presas de gravedad de concreto.

Cuadro Nº D6
Características de la Brecha de Rotura

Tipo de Presa	Ancho Promedio de la Grieta	Componente Horizontal de la Grieta (H) H:1V	Tiempo de Falla tf (hrs)	Agencia
Concreto Gravedad	Múltiples bloques Usualmente ≤0.5 L Usualmente ≤0.5 L	Vertical Vertical Vertical	0.1 a 0.5 0.1 a 0.3 0.1 a 0.2	USACE FERC NWS
Concreto Gravedad	El mayor entre: 1/3 de la longitud total de la coronación ó 3 bloques	Rectangular, con una profundidad hasta el contacto con el cauce en el pie.	Instantánea. Entre 10 a 15 minutos	Guía Técnica Española para la Clasificación de Presas según su Riesgo Potencial

Basado en las recomendaciones anteriores se ha seleccionado el siguiente criterio para el análisis de la falla de la presa Bajo de Mina:
Ancho de la Falla: 2 bloques $\leq$0.5L = (2 * 20)=40 m
Tipo de Falla: Vertical (debido a las juntas inducidas verticales a cada 20 m)
Tiempo de falla: 0.5 horas

D.3.4 Hidrograma De La Rotura De Presa

La predicción del hidrograma de descarga por una brecha puede dividirse en dos partes:

- Estimación de las características de las brechas (forma, profundidad, ancho, tasa de formación, etc.).
- Tránsito del agua almacenada en el embalse y que ingresa al cauce a través de la brecha.

El hidrograma de salida en una rotura de presa depende de numerosos factores. Los factores más importantes de los que depende son las características físicas de la presa, el volumen del embalse y el modo de falla. Los parámetros que controlan la magnitud del pico de descarga y la forma del hidrograma de salida incluyen: las dimensiones de la brecha; la manera y el tiempo de desarrollo de la brecha; la profundidad y volumen de agua almacenada en el embalse; y el flujo de entrada en el momento de la rotura.

Los modelos disponibles para estimar caudales pico fueron divididos en dos:

- Análisis de un caso de rotura de presa similar y utilización de fórmulas de estimación empíricas y
- Modelos con base física.

Para este estudio solo se utilizó únicamente la metodología de modelación con base física, utilizando para ello las herramientas de rotura de presas del modelo matemático HEC-RAS

Modelos con base Física: Se utilizó el modelo de rotura del HEC-RAS, este modelo es el más ampliamente utilizado.

Los datos ingresados fueron:

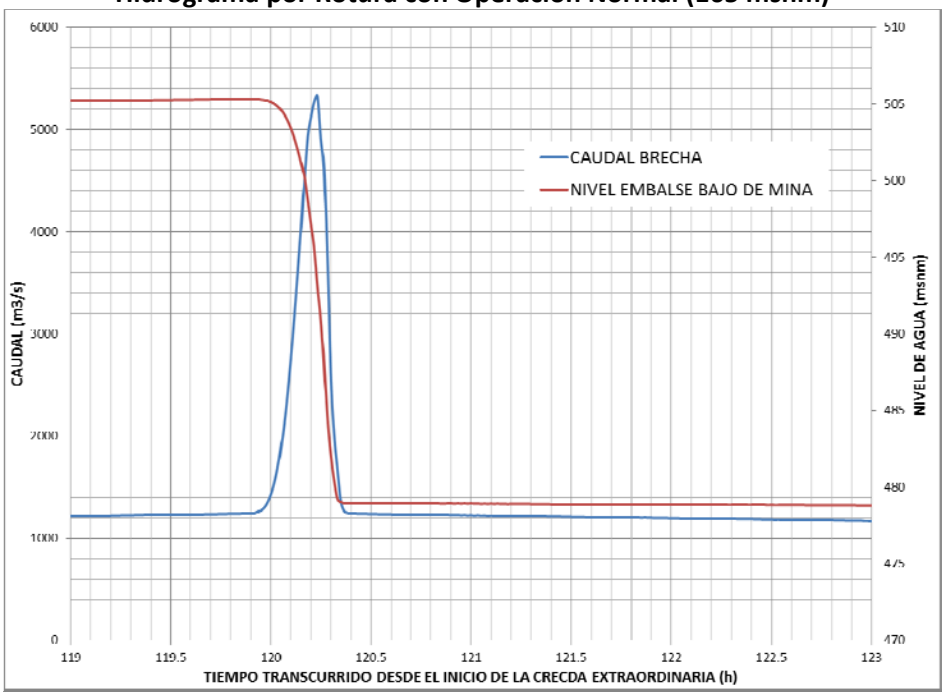
- Forma de la brecha: rectangular
- Tiempo de formación: 0.50 horas
- Ancho de la Brecha de 40 m
- Cota del fondo de la brecha: 474 msnm
- Nivel de agua en el embalse a 502 msnm para rotura durante operación normal
- Nivel de agua en el embalse a cota 505.4 msnm para rotura durante crecida extraordinaria de 1:10,000 años.

D.3.5 Conclusiones De Los Resultados De Las Roturas.

Utilizando el modelo de HEC-RAS de rompimiento de presa, , se han obtenido los siguientes resultados:

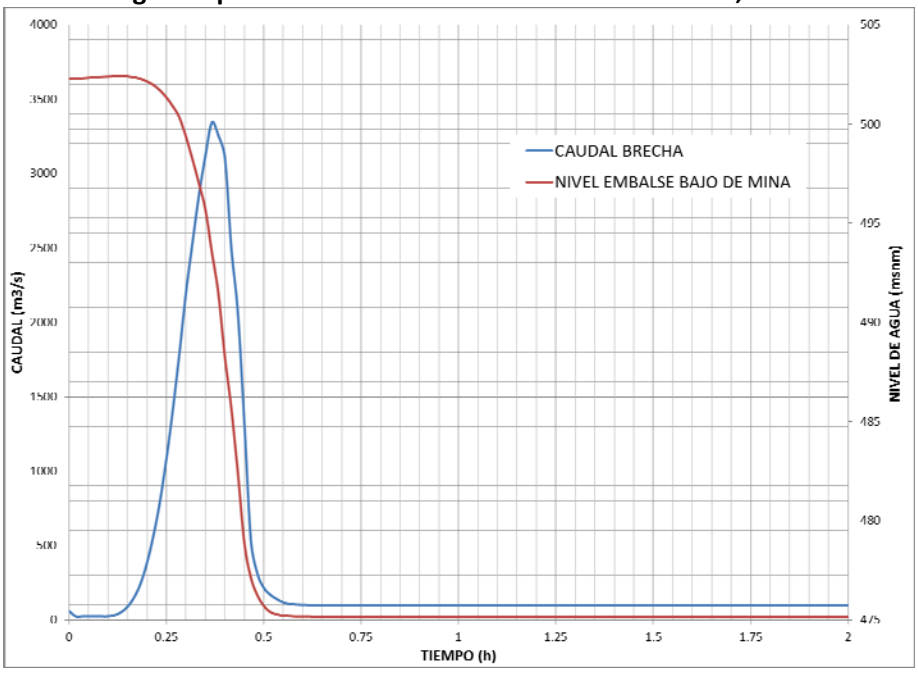
Para el caso de la rotura con el nivel normal de operaciones cota 502, el caudal pico obtenido de resultado del HEC que sale por la brecha es de 1,025.8. m^3/s (Ver Figura N° D5).

Figura N° D4
Hidrograma por Rotura con Operación Normal (165 msnm)


CAUDAL BRECHA
NIVEL EMBALSE BAJO DE MINA
CAUDAL (m3/s)
NIVEL DE AGUA (msnm)
TIEMPO TRANSCURRIDO DESDE EL INICIO DE LA CRECDA EXTRAORDINARIA (h)

Para el caso de la rotura con el nivel 505.4 msnm con crecida extrema 1:10,000 años, el caudal pico obtenido por los resultados del HEC-RAS que sale por la brecha es 2,394.4 m^3/s. Ver Figura N° D5.

Figura N° D5
Hidrograma por Rotura con Crecida Extraordinaria 1:10,000 años



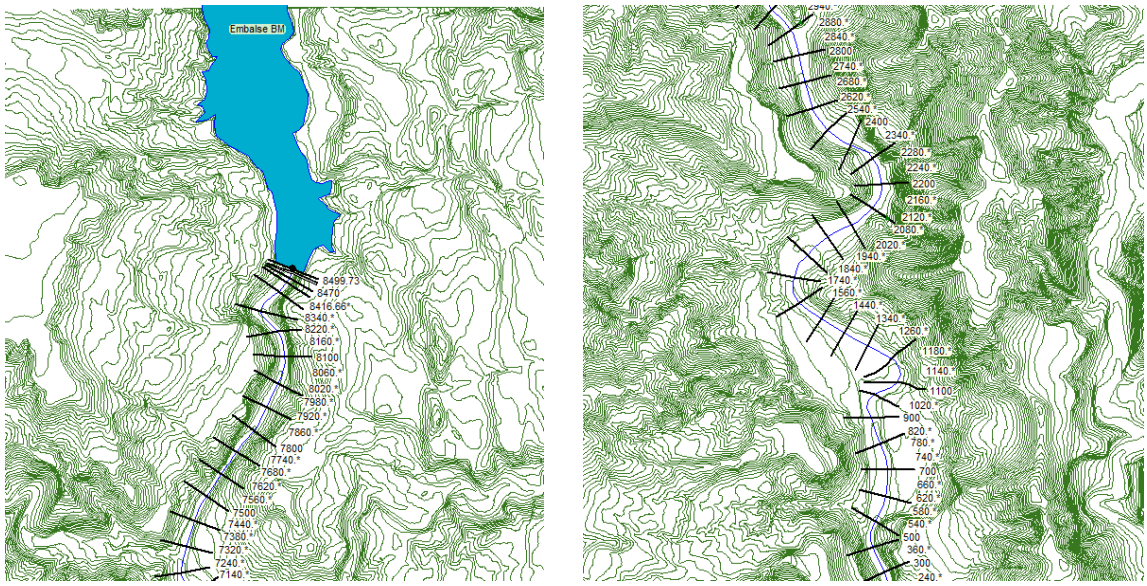
D.4 RESULTADOS DEL ANÁLISIS HIDRÁULICO

Los archivos de datos y los archivos de resultados del análisis hidráulico completo para los siete escenarios analizados se presentan en el Anexo Digital D1. Se realizaron las corridas de HEC-RAS para crecidas con períodos de retorno de 1:50, y 1:10,000 años.

D.4.1 DATOS GENERALES

El tramo del río y la localización de las secciones transversales generadas para el análisis se presentan en la figura N° D6.

Figura Nº D6
Esquemático de Tramos de Río y Secciones.

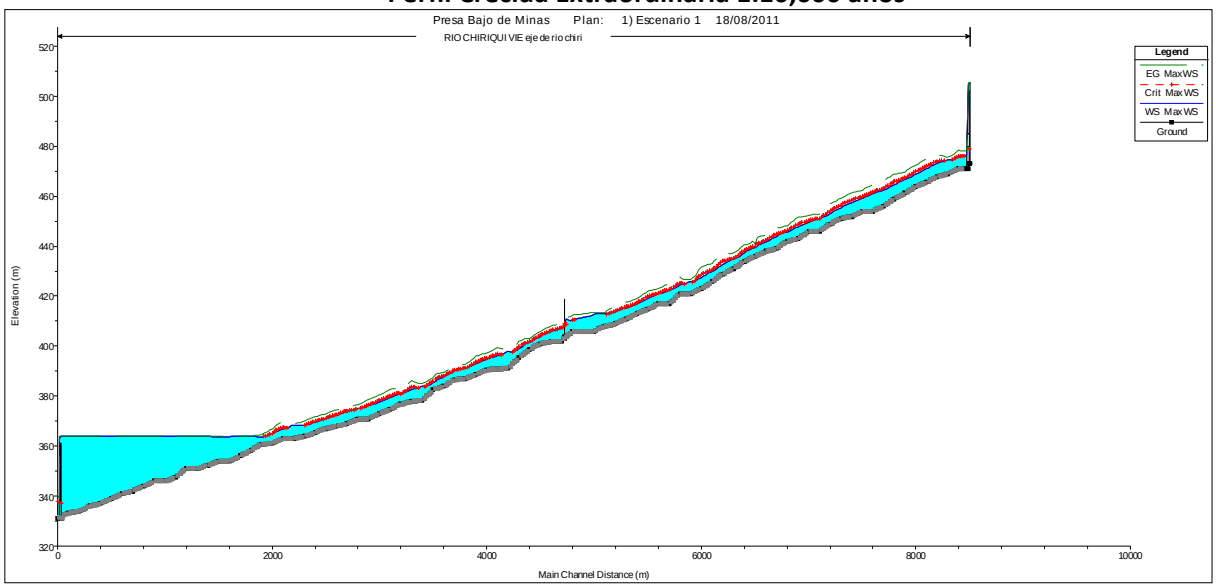


Las secciones se han obtenido del plano generado con toda la data cartográfica en Civil 3D, estas secciones se introducen en el programa HEC-RAS. La totalidad de las secciones usadas para el análisis se encuentran en el Anexo Digital D1.

D.4.2 Resultados Crecida Extraordinaria 1:10,000 Años

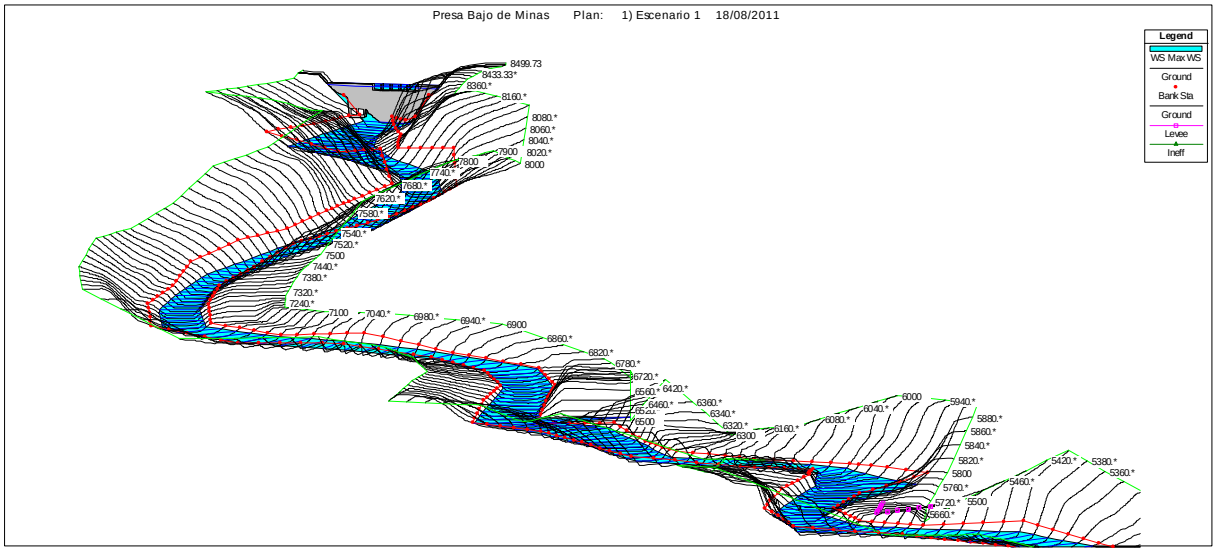
HEC RAS genera los resultados en diferentes formatos, en forma gráfica y en tablas. En la figura N° D7 se presenta el perfil generado gráficamente para la crecida extraordinaria de 1:10,000 años. En el Anexo Digital D1 se presentan todos los resultados evaluados.

Figura Nº D7
Perfil Crecida Extraordinaria 1:10,000 años



La figura N°D8 muestra la salida del programa para la crecida de 1:10,000 años del programa HEC-RAS de manera gráfica. El programa permite exportar la información de la crecida referenciado a coordenadas y cotas reales.

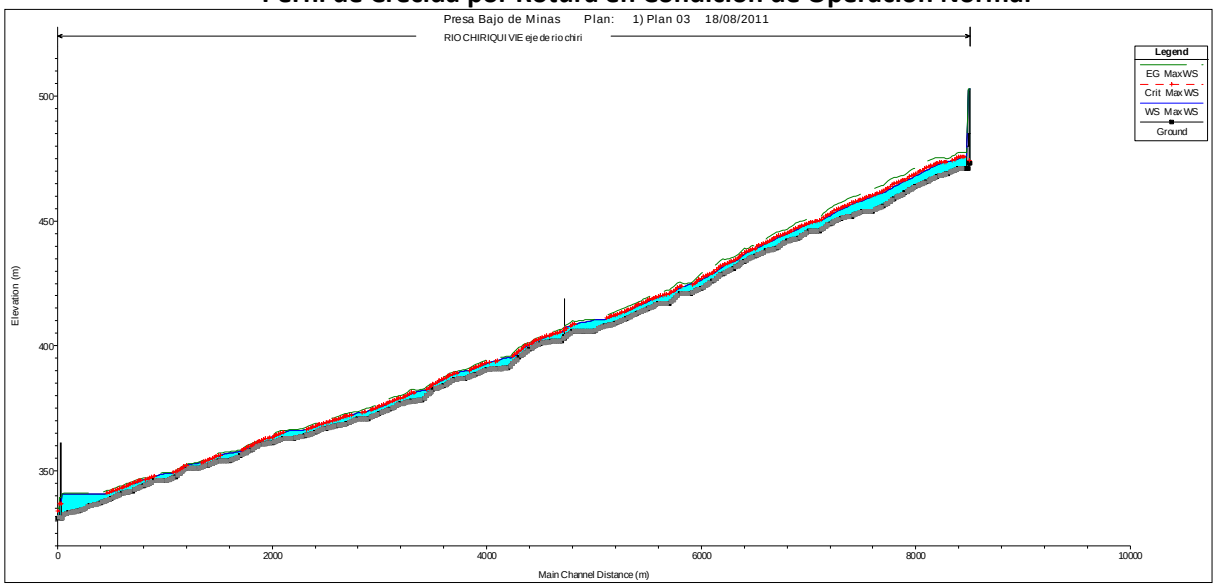
Figura Nº D8
Isométrico de Niveles de Agua y Secciones



D.4.3 Resultados Rotura De Presa

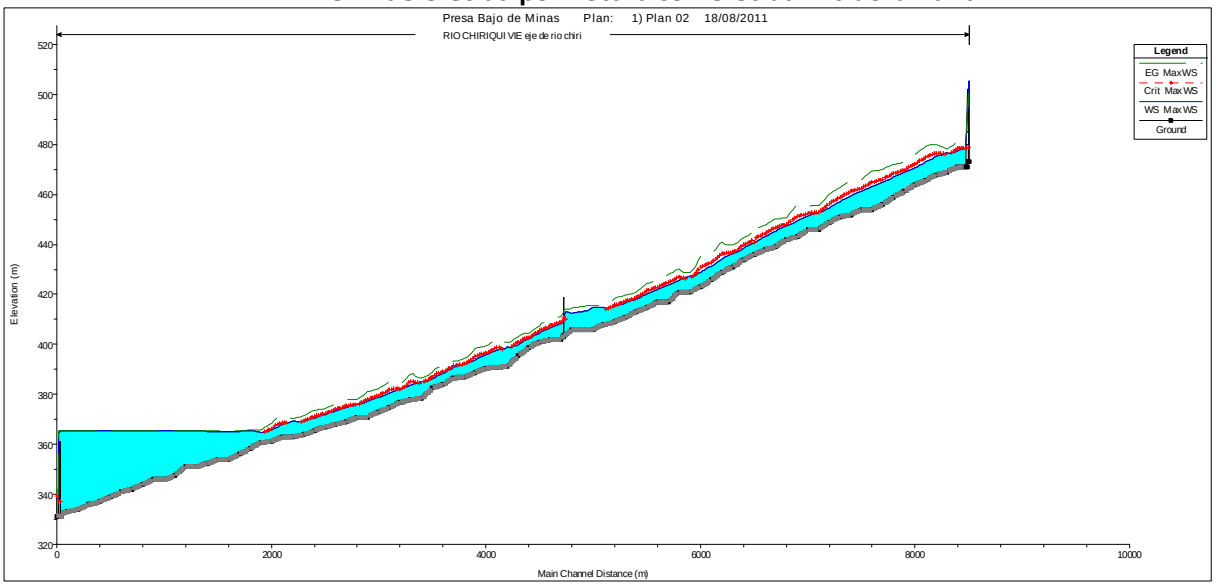
Condición: Rotura de Presa en condición normal (nivel de embalse a 502 mnsm)

Figura Nº D9
Perfil de Crecida por Rotura en Condición de Operación Normal



Condición: Rotura de Presa en condición de Crecida Extraordinaria (nivel de embalse a 505.4 mnsm)

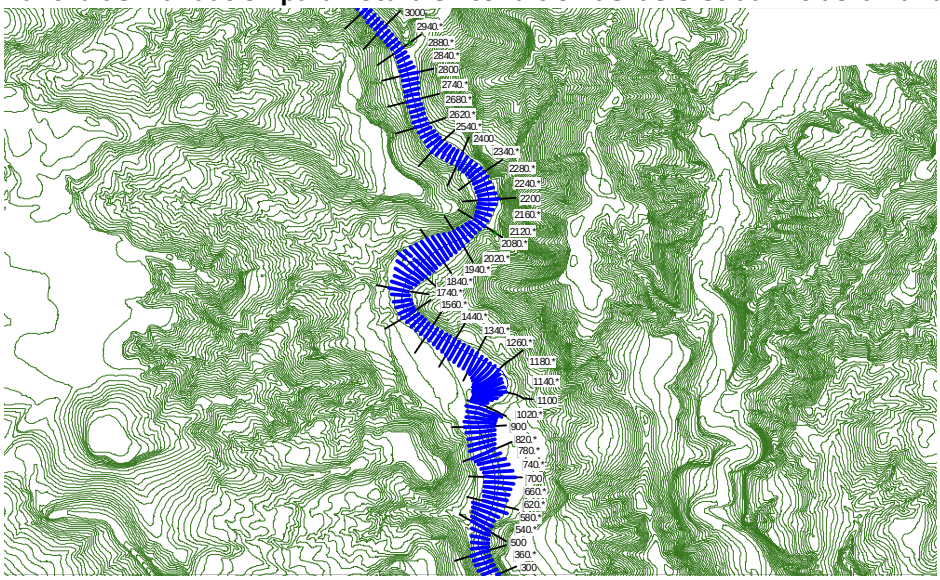
Figura Nº D10
Perfil de Crecida por Rotura con Crecida Extraordinaria



D.4.4 Resultados De La Inundación

El programa HEC-RAS, como resultado de sus corridas, presenta los resultados de la crecida en formato geo-referenciado que nos permite utilizar las herramientas de los programas de confección de mapas para colocar en diferentes capas esta información.

Figura Nº D11
Mancha de Inundación para Rotura en condición de de Crecida Extraordinaria



D.4.5 Cuadros Con Resultados De La Onda De Las Crecidas

Con los datos obtenidos de HEC-RAS procedemos a obtener los perfiles de las crecidas de los diferentes escenarios analizados, todos los resultados se encuentran en el Anexo Digital D1, en los Mapas de Inundación y a continuación se presenta un resumen de los perfiles de las crecidas tal cual se presentan en los mapas de inundación.

Figura N° D6
Recorrido de la Crecida Extraordinaria 1:50

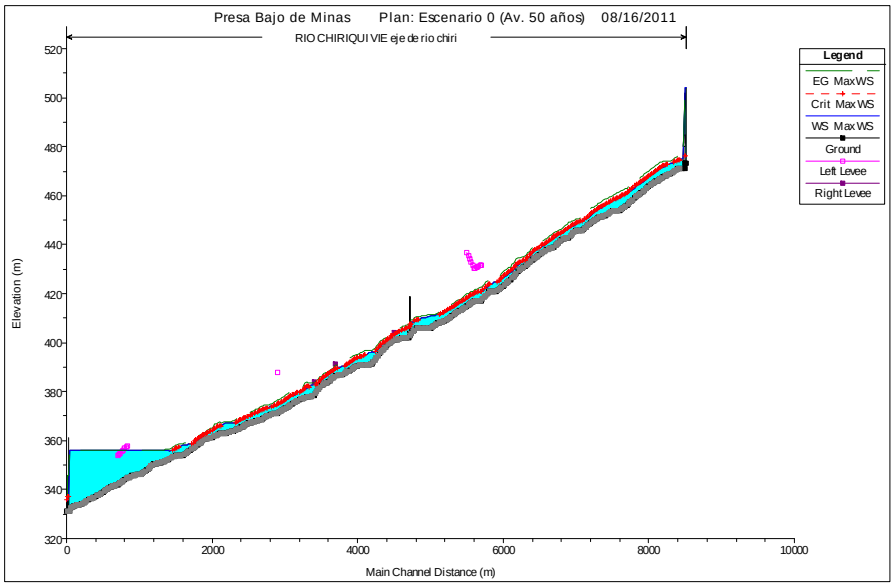


Figura N D°7
Recorrido de la Crecida Extraordinaria 1:10,000

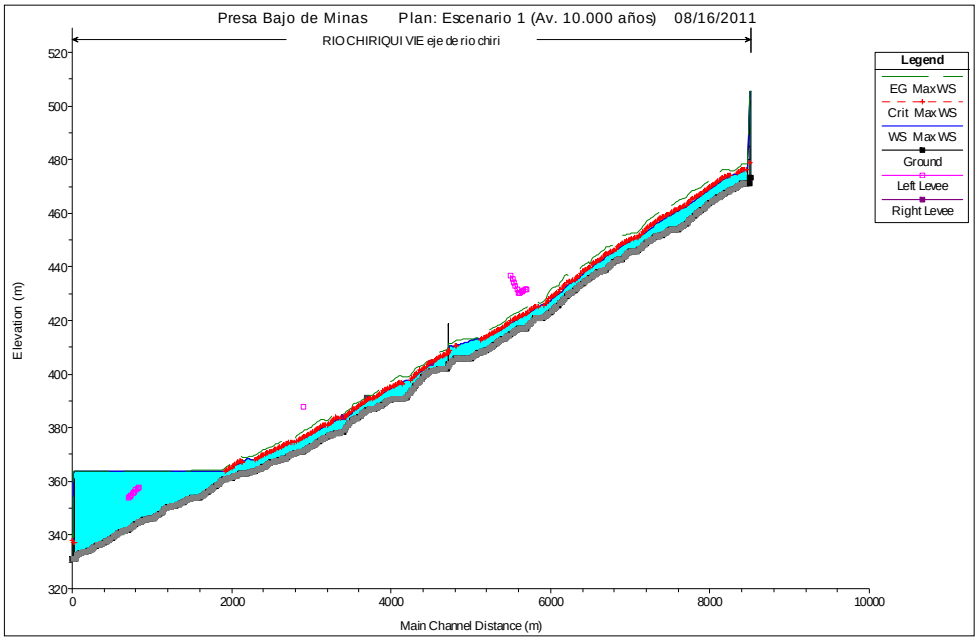


Figura N° D8
Recorrido de la Crecida por Rotura con crecida Extraordinaria

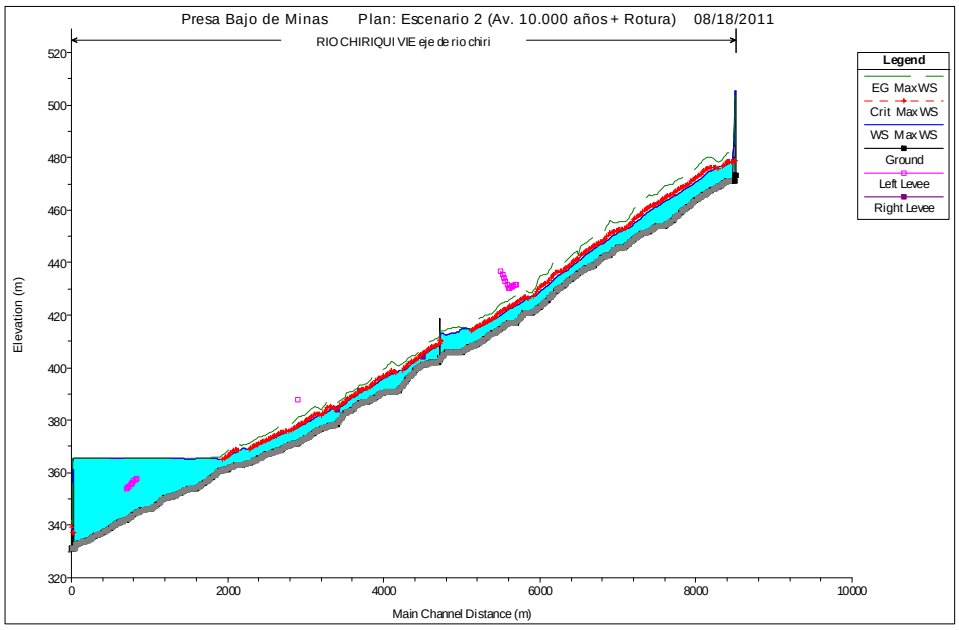


Figura N° D9
Recorrido de la Crecida por Rotura con Operación Normal

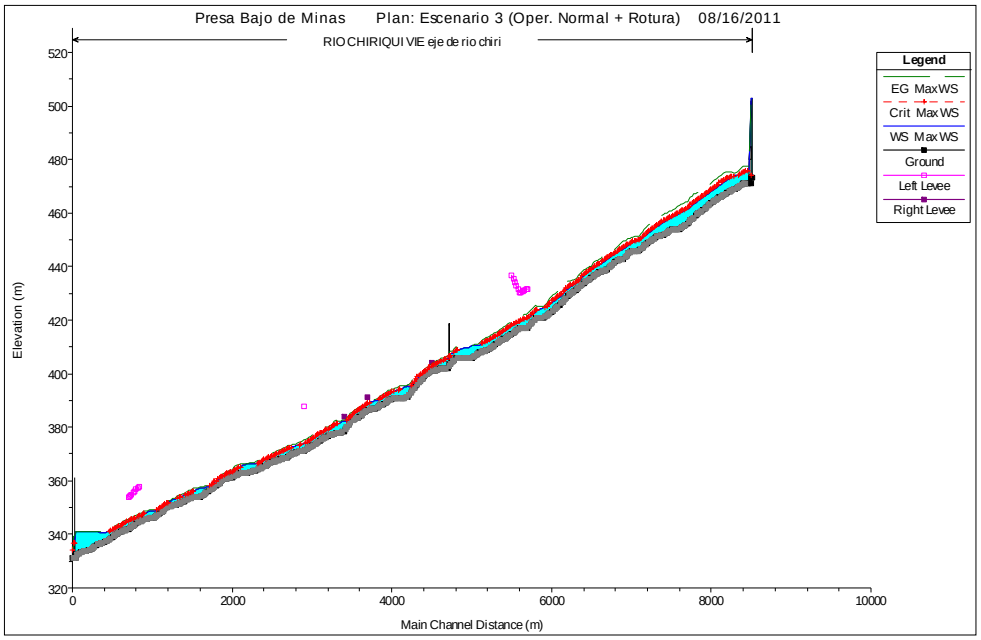


Figura N° D10
Recorrido de la Crecida con Operación Normal + Apertura Súbita de compuertas

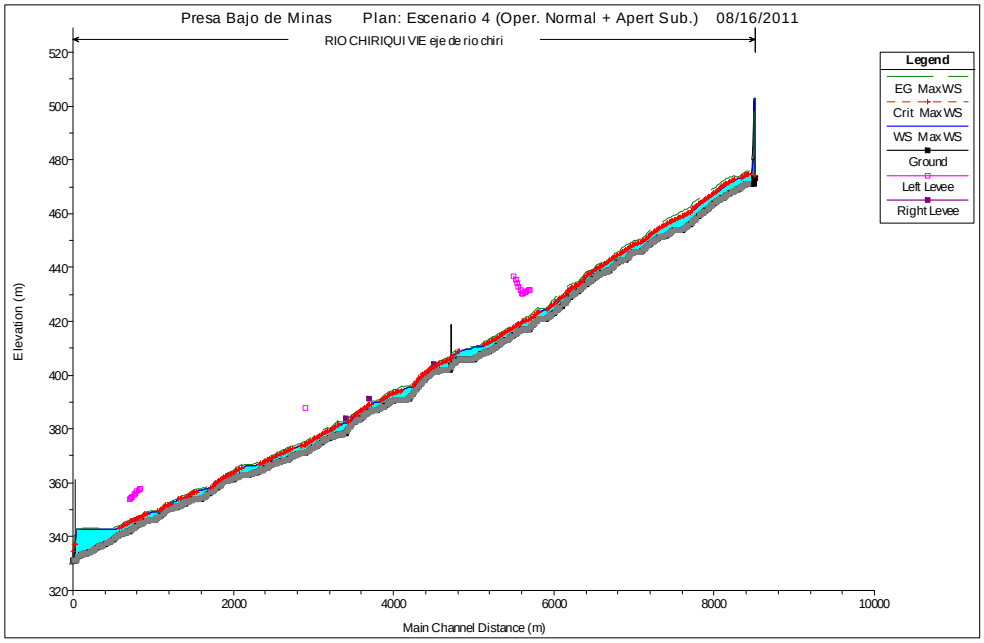


Figura N° D11
Recorrido de la Crecida Extraordinaria + No cierre de Compuertas

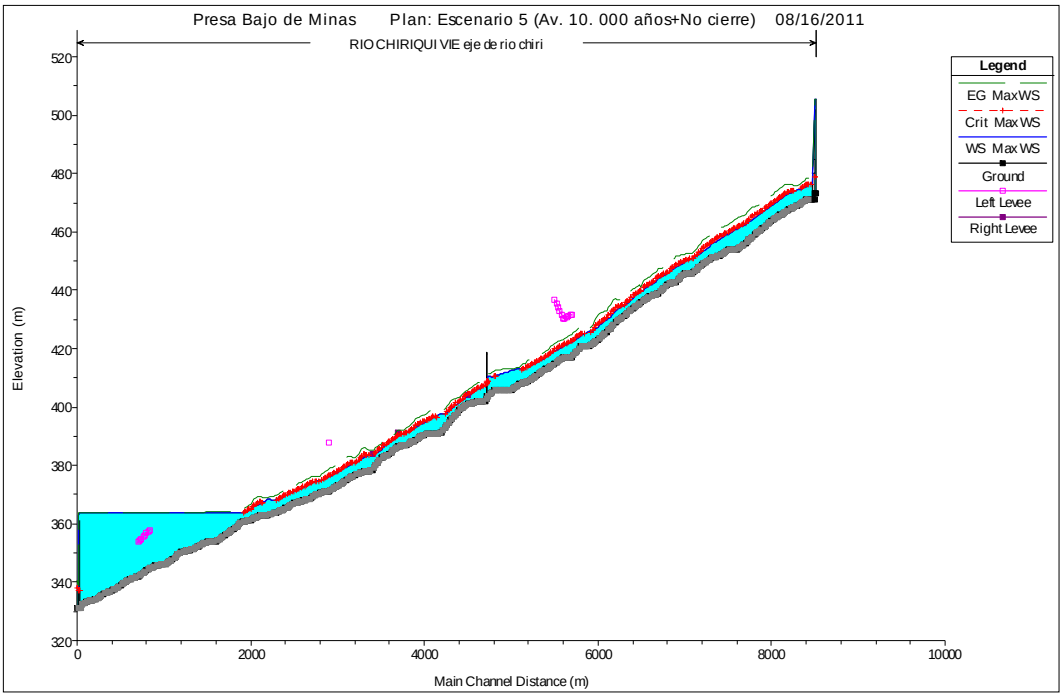
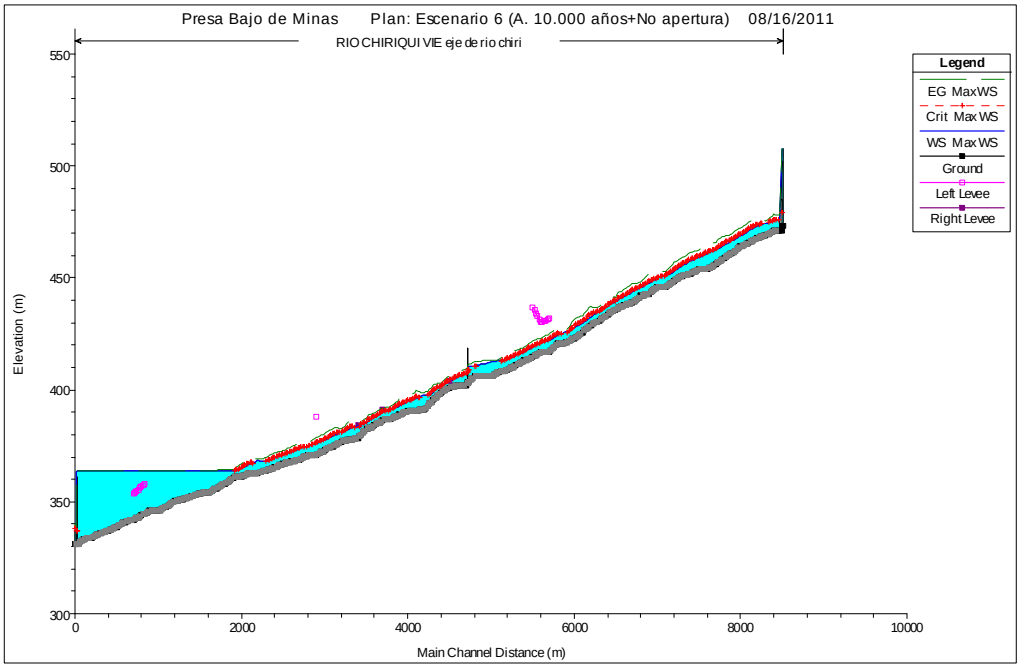
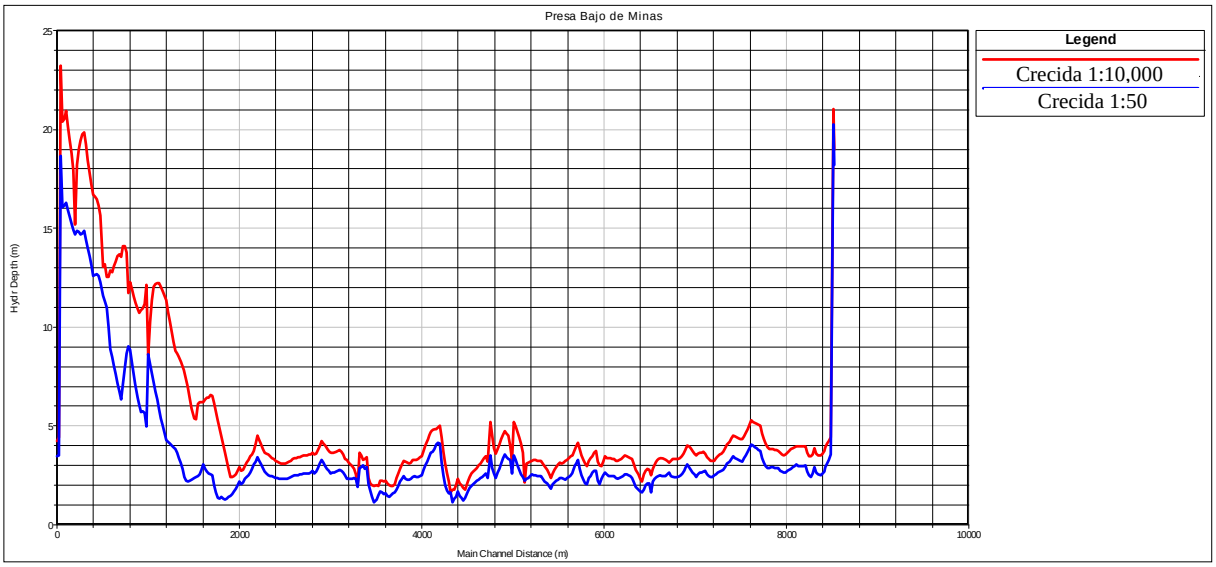


Figura N° D12
Recorrido de la Crecida Extraordinaria + No apertura de Compuertas



Las distintas crecidas producen un tirante sobre el nivel del río que varía según las condiciones topográficas y condición hidráulica del río. En la figura N° D13 se reproduce el resumen de los tirantes de todas las condiciones analizadas:

Figura N° D13
Tirante de las Crecidas del Rio Chiriquí Viejo



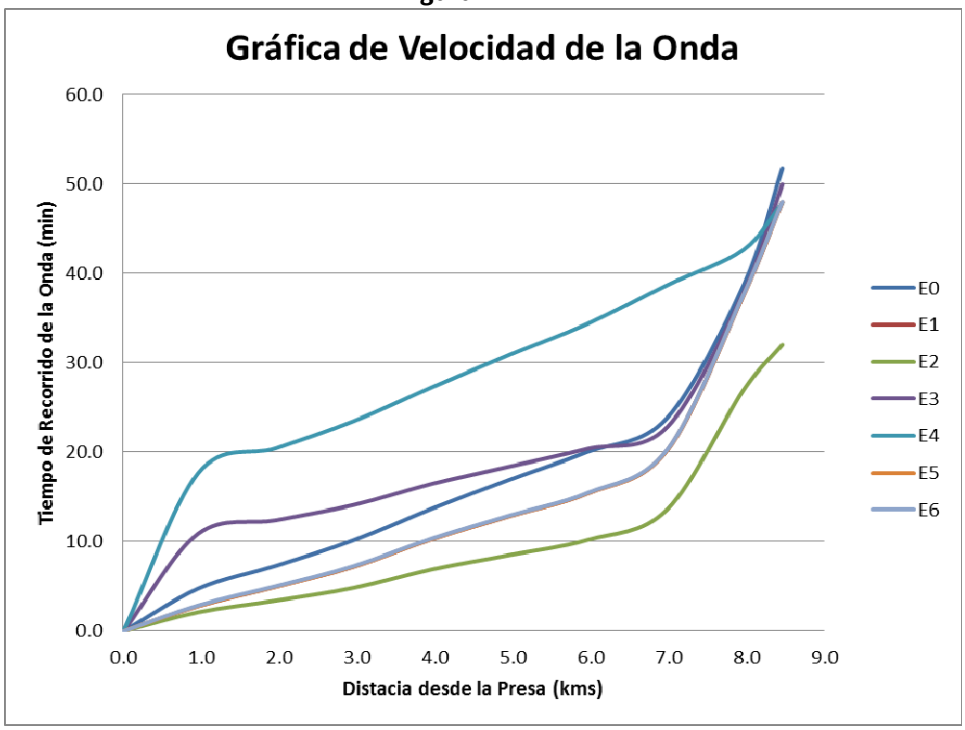
Cuadro De Tiempos De La Onda

Cuadro D7
Tiempo de Recorrido de la Onda

	ESCENARIOS						
DISTANCIA	**E0**	**E1**	**E2**	**E3**	**E4**	**E5**	**E6**
kms	**minutos**						
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1.0	4.7	2.8	2.1	10.9	17.7	2.8	2.9
2.0	7.3	4.9	3.4	12.4	20.5	4.9	5.0
3.0	10.2	7.2	4.8	14.1	23.5	7.2	7.3
4.0	13.7	10.3	6.9	16.5	27.3	10.3	10.3
5.0	16.9	12.9	8.5	18.4	30.9	12.9	13.0
6.0	20.0	15.4	10.2	20.4	34.4	15.4	15.5
7.0	23.8	20.2	13.6	22.8	38.7	20.2	20.3
8.0	38.7	37.6	27.0	37.8	42.7	37.6	37.6
8.5	51.8	48.0	32.0	50.0	47.9	48.0	48.0

Como se puede concluir los distintos escenarios varían entre 32 y 52 minutos de recorrido desde la presa de Bajo de Mina hasta la presa de Baitun.

Figura N° D14


Gráfica de Velocidad de la Onda
Tiempo de Recorrido de la Onda (min)
60.0
50.0
40.0
30.0
20.0
10.0
0.0
0.0
1.0
2.0
3.0
4.0
5.0
6.0
7.0
8.0
9.0
Distacia desde la Presa (kms)
E0
E1
E2
E3
E4
E5
E6

D.5 MAPAS DE INUNDACIÓN

Para la confección y presentación de los mapas de inundación para los diferentes escenarios se seguirán los siguientes procedimientos:

1. Sobre la base cartográfica preparada con la documentación recolectada, según se indica en la sección D.1.2, se ha representado las cotas de las crecidas para los distintos escenarios analizados.
2. Se han preparado siete mapas de inundación correspondientes a los siete escenarios analizados.
3. Se han colocado de manera espaciada el tiempo y la altura de la crecida a lo largo del río Chiriquí Viejo.
4. Sobre los mapas de inundación se han indicado las rutas de evacuación en caso de emergencia de crecidas, para los trabajadores de la presa de Baitún en construcción

D.6 REFERENCIAS

TEXTO Y MANUALES

1. USA Geological Survey Guide for Selecting Manning's Roughness Coefficients.
2. Clasificación de presas y evaluación del riesgo con el modelo HEC-RAS, España.
3. Hidráulica de Canales, Ven Te Chow.
4. Clasificación de presas y evaluación del riesgo con el modelo HEC-RAS, España.
5. USA Geological Survey Guide for Selecting Manning's Roughness Coefficients
6. Norma Para la Seguridad de Presas. Autoridad de los Servicios Públicos de la República de Panamá (ASEP) septiembre 2010.
7. Victor M. Ponce, M.ASCE1; Ahmad Taher-shamsi2; and Ampar V. Shetty3
8. Dam-Breach Flood Wave Propagation Using Dimensionless Parameters
9. Bruce W. Harrington, P.E. MD Dept. of The Environment Dam Safety Division
10. HAZARD CLASSIFICATIONS & DANGER REACH STUDIES FOR DAMS By
11. Utah State University and RAC Engineers & Economists.
12. Sanjay S. Chauhan1, David S. Bowles2 and Loren R. Anderson3
13. REASONABLE ESTIMATES FOR USE IN BREACH MODELING
14. DO CURRENT BREACH PARAMETER ESTIMATION TECHNIQUES PROVIDE
15. ManualBasico_HEC-RAS313_HEC-GeoRAS311_Español
16. CLASIFICACIÓN DE PRESAS Y EVALUCIÓN DEL RIESGO CON EL PROGRAMA HEC-RAS.
17. HEC-GeoRAS42_UsersManual
18. Programa HEC_RAS. Hidrologic Engineering Center River analysis system 4.1.0 Jan 2010 HEC-RAS. Devoleped by the U.S. Army Corps Engineers
19. Programa HEC_RAS. Hidrologic Engineering Center River analysis system 4.1.0 Jan 2010 HEC-RAS. Devoleped by the U.S. Army Corps Engineers
20. Dam Break Flood Analysisi Bulletin 111
21. Open Channel Hydraulics, Vente Chow.
22. Guía Técnica de Seguridad de Presas No. 4 – Avenida de proyecto. Comité Nacional Español del Grandes Presas.
23. HEC-RAS, River Analysis System. User's Manual. US Army Corps of Engineers.
24. Manual de Requisitos para Revisión de Planos. Ministerio de Obras Públicas.
25. Manual de Hidráulica. Horace William King.

D.7 ANEXO DIGITAL D1

Nombre del Archivo	Descripción	Tipo de Archivo
Directorio: Mapas		
Mapas de Inundación	Mapas de Inundación, Anexos C1-C6	DWG
ANEXO C1 Localización General	Localización General, Anexo C1	PDF
ANEXO C2 ESCENARIO 0	Mapa de Inundación, Anexo C2	PDF
ANEXO C3 ESCENARIO 1	Mapa de Inundación, Anexo C3	PDF
ANEXO C4 ESCENARIO 2	Mapa de Inundación, Anexo C4	PDF
ANEXO C5 ESCENARIO 3	Mapa de Inundación, Anexo C5	PDF
ANEXO C6 ESCENARIO 4	Mapa de Inundación, Anexo C6	PDF
ANEXO C7 ESCENARIO 5	Mapa de Inundación, Anexo C7	PDF
ANEXO C8 ESCENARIO 6	Mapa de Inundación, Anexo C8	PDF
ANEXO C9 MAPA DE EVACUACIÓN DE BAITUM	Mapa de Inundación, Anexo C9	PDF
Directorio: HEC-RAS		
Planta de Alineamiento y Estaciones	Alineamiento y secciones a lo largo del río	DWG
Perfil y Secciones 1- Transito de AV 10,000 años, sin la Rotura de la Presa	Data Geométrica por estaciones	PDF
Perfil y Secciones 1- Transito de av 10,000 años con Rotura	Data Geométrica por estaciones	PDF
Perfil y Secciones 1- Operación Normal + Rotura	Data Geométrica por estaciones	PDF
Perfil y Secciones 1- Operación Normal + Apertura súbita de compuerta del desagüe	Data Geométrica por estaciones	PDF
Perfil y Secciones 1- Transito de av 10.000 años + no se puede cerrar las compuertas	Data Geométrica por estaciones	PDF
Perfil y Secciones 1- Transito de AV 10,000 años + no se pueden abrir las compuertas	Data Geométrica por estaciones	PDF
Resultado de Hecras	Resumen de todas los escenarios	EXCEL
Directorio: CILSA Panamá S.A.		
Data Suministrada por CILSA Panamá S.A.	Plano General de Caminos	DWG
Puente Vehicular Sobre el Río Chiriquí Viejo – MABEY	Plano de Planta y Sección del Puente – MABEY	PDF

BM-PL-4CM-11-001 Arreglo General – Planta BM-PL-4CM-11-002-R0 Sección Transversal BM-PL-4CM-11-003-R0 Sección Longitudinal BM-PL-4CM-40-004-R1 Planta de Piso de Turbinas BM-PL-4CC-11-001-R1 - Plano General - Planta BM-PL-4CC-11-002-R1 - Presa Vertedero Perfil y Secciones	Planos de Construcción Planos de Construcción Planos de Construcción Planos de Construcción	PDF PDF PDF PDF
Directorio: Documentos de Referencia Análisis de Estabilidad - Obra de Contención Presa – Vertedero Diseño Hidráulico del Vertedero Estabilidad de la Cimentación de la Presa Hidrología - Estimación de los Caudales Máximos Probables Procedimiento para el Vaciado de Turbinas y Túnel de Conducción Revisión del Peligro Sísmico Tránsito de Avenidas de Diseño	Memoria de Cálculos Memoria de Cálculos Memoria de Cálculos Memoria de Cálculos Memoria de Cálculos Memoria de Cálculos Memoria de Cálculos	PDF PDF PDF PDF PDF PDF PDF
Directorio: Registro Fotográfico de la Visita Al Proyecto	Fotos de la Estructura de Presa	JPEG
Directorio: Registro Fotográfico Durante la Construcción	Fotos de la Estructura de Presa	JPEG